

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era global, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) sangat pesat. Hal ini berdampak juga pada perkembangan teknologi transportasi. Inovasi di bidang otomotif saat ini semakin memanjakan pemakai, dan terobosan teknologi terbaru harus memenuhi tuntutan konsumen yang lebih mudah, aman dan nyaman. Kepuasan konsumen akan tercapai dari segi artistic kendaraan baik eksterior maupun interior yang bagus dan beberapa peralatan tambahan yang memudahkan pemakai. Selain itu juga mesin memiliki *performance* yang tinggi, serta perangkat keamanan dan kenyamanan lengkap yang berfungsi optimal. Suatu kendaraan dapat dikatakan baik apabila bisa memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengendara. Semua jenis kendaraan baik roda dua maupun roda empat dilengkapi dengan berbagai sistem, dan salah satu dari sistem itu adalah sistem pengereman.

Rem merupakan salah satu bagian dari kendaraan yang mempunyai peran yang sangat penting untuk kenyamanan dan keselamatan pengendara sepeda motor. Rem berfungsi mengurangi kecepatan atau menghentikan kendaraan melalui gesekan antara 2 komponennya yaitu sepatu rem dengan tromol rem.

Sepatu rem merupakan salah satu komponen rem yang berfungsi untuk menahan putaran tromol rem melalui gesekan dan sebagai tempat melekatnya kampas rem. Berdasarkan fungsinya tersebut, dapat disimpulkan bahwa sepatu rem merupakan salah satu komponen vital dalam sistem pengereman sepeda motor.

Untuk memenuhi kebutuhan pasar global akan produk sepatu rem dengan kualitas bahan yang bagus, tentu saja tidak terlepas dari bagaimana produk tersebut dibuat, mulai dari proses pengecoran (*casting*), pemanasan (*heating*), sampai ke proses akhir (*finishing*). Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan mutu dan kualitas dari sepatu rem tersebut, salah satunya dengan melakukan penambahan berbagai jenis unsur paduan dan proses perlakuan panas.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan di teliti sifat fisis dan mekanis serta struktur mikro dari sepatu rem dengan bahan dasar ADC12 dengan penambahan unsur Magnesium (Mg), dimana proses pembentukannya melalui proses HPDC (*High Pressure Die Casting*).

Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran HPDC dengan bahan baku ADC 12 dengan variasi penambahan unsur Magnesium (Mg). Pengujian-pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian kekerasan, pengujian densitas dan porositas serta struktur mikro. Sehingga penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat membuktikan bahwa penambahan suatu unsur ke dalam bahan baku sepatu rem, dapat meningkatkan sifat fisis dan mekanis sepatu rem tersebut.

1.2 Tujuan

Tujuan penulisan dari tugas akhir ini adalah:

- a. Mendapatkan data nilai kekerasan, struktur mikro, dan porositas produk sepatu rem dengan bahan dasar ADC 12 dengan variasi penambahan unsur Magnesium (Mg) hasil pengecoran HPDC.
- b. Membandingkan sifat fisis dan mekanis sepatu rem hasil proses HPDC dengan penambahan unsur Magnesium (Mg) dan tanpa penambahan unsur Magnesium (Mg).

1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis membatasi pada:

- a. Tekanan kerja yang digunakan dibuat konstan sebesar 7 MPa untuk membuat sepatu rem.
- b. Temperatur tuang dilakukan konstan pada 700°C.
- c. Magnesium (Mg) yang ditambahkan berupa serbuk-serbuk kecil.
- d. Variasi penambahan unsur Magnesium (Mg) yaitu: 0,3 wt%, 0,4 wt%, dan 0,5 wt%.
- e. Pengujian karakterisasi meliputi pengujian struktur mikro, kekerasan dan porositas.
- f. Bahan dasar menggunakan material ADC 12 milik PT. Pinjaya Mojokerto.

1.4 Originalitas Penelitian

Penelitian tentang pengecoran menggunakan metode HPDC (*High Pressure Die Casting*) telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Beberapa material yang telah diteliti antara lain Al-Si12 (wt%) [1], Al-Si12+TiB [2] Sedangkan penelitian penambahan unsur dalam pengecoran paduan Alumunium, yang telah diteliti antara lain Penambahan unsur Mg pada Al-7Si [3], Penambahan unsur Cu pada paduan Alumunium [4].

Tugas akhir ini mencoba melakukan penelitian tentang pengecoran ADC12 yang diberi penambahan unsur magnesium menggunakan metode HPDC. Dimana bentuk produk hasil pengecoran menyerupai bentuk produk sepatu rem yang ada di pasaran. Sepanjang penelusuran literatur yang ada ternyata pembuatan produk sepatu rem dengan penambahan unsur magnesium menggunakan metode HPDC merupakan penelitian baru yang belum pernah dilakukan.

1.5 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Studi Pustaka

Metode pengumpulan data dilakukan dengan mempelajari referensi-referensi yang berkaitan dengan penyusunan tugas akhir ini.

b. Asistensi dan Konsultasi

Konsultasi mengenai materi tugas akhir dan masalah-masalah yang timbul saat pengambilan data dengan dosen pembimbing.

c. Observasi Lapangan

Pada tahapan ini kegiatan yang dilakukan adalah mengunjungi PT. Pinjaya, Mojokerto, Jawa Timur untuk mendapat bahan baku material ADC 12 dan informasi yang terkait.

d. Pengujian Laboratorium

Pengujian pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Diponegoro dan di Laboratorium Proses Produksi Politeknik Negeri Semarang.

e. Pengolahan dan Analisis Data

Melakukan pengolahan data dan analisis berdasarkan hasil yang diperoleh setelah melakukan proses pengecoran HPDC pada material ADC 12 dengan variasi

penambahan unsur Magnesium (Mg) serta menyajikan data hasil pengujian dalam bentuk grafik.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini ditulis dalam 5 bab. Bab I pendahuluan berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II dasar teori berisi tentang ADC 12 dan HPDC pada material logam non-ferroes serta pengujian yang dilakukan.

Bab III metode penelitian berisi tentang diagram alir penelitian, peralatan yang digunakan, cara membuat spesimen dan pengujian karakterisasi.

Bab IV analisis data dan pembahasan berisi data hasil pengujian kekerasan, struktur mikro, dan porositas pada material ADC 12 hasil pengecoran HPDC dengan variasi penambahan unsur magnesium (Mg) dan tanpa penambahan unsur magnesium (Mg).

Bab V penutup berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pengujian dan pembahasan serta kesulitan yang terjadi selama penelitian.

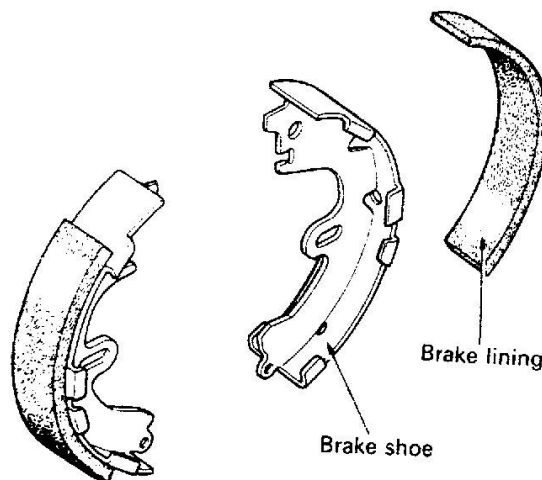
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Karakteristik Sepatu Rem

Rem dirancang untuk mengurangi kecepatan dan menghentikan kendaraan atau memungkinkan parkir pada tempat yang menurun. Peralatan ini sangat penting pada kendaraan dan berfungsi sebagai perangkat keselamatan dan menjamin keamanan bagi pengendara kendaraan.

Salah satu komponen pada rem adalah sepatu rem. Sepatu rem berfungsi sebagai tempat melekatnya kampas rem dan untuk menahan putaran tromol rem melalui gesekan antara kampas rem yang melekat pada sepatu rem dengan tromol sehingga dapat menghentikan laju kendaraan. Dengan fungsinya tersebut, sepatu rem menjadi salah satu komponen penting dalam sistem pengereman. Bentuk sepatu rem dapat dilihat pada Gambar 2.1.



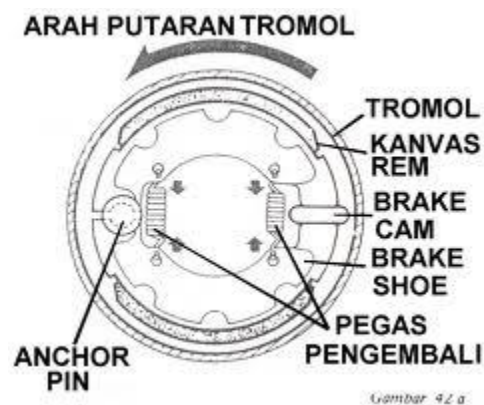
Gambar 2.1 Sepatu rem [5].

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa *brake lining* (kampas rem) berada di bagian luar sepatu rem. Pada bagian *lining* inilah yang akan menerima beban gesekan secara langsung akibat gesekan yang terjadi dengan tromol ketika pengereman berlangsung. Oleh karena itu bagian *lining* tersebut akan lebih cepat aus dibandingkan dengan bagian sepatu rem. Sehingga sepatu rem merupakan komponen yang cukup

tahan lama dan jarang terjadi kerusakan pada sepatu rem.

Sepatu rem dibuat dengan bahan ADC 12 yaitu paduan aluminium dan Silikon 12% karena ADC 12 memiliki keunggulan sebagai berikut:

- Memiliki berat yang relatif ringan.
- Tahan terhadap korosi.
- konduktivitas termal tinggi.
- Lunak tapi kuat sehingga apabila kampas rem habis , sepatu rem tidak merusak drum.
- Ulet sehingga jarang ditemukan retakan.



Gambar 2.2 Letak sepatu rem pada komponen rem tromol [6].

2.2 Bahan Sepatu Rem

2.2.1 Aluminium dan Paduannya

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki ketahanan korosi, hantaran listrik dan sifat logam yang baik. Untuk meningkatkan kekuatannya maka ditambahkan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan lain sebagainya yang bersamaan juga memberikan efek yang baik pada ketahanan korosi, ketahanan aus, dan koefisien muai rendah. Bahan ini penggunaannya sangat luas, selain untuk peralatan rumah tangga, juga dipakai sebagai material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan sebagainya [7].

Paduan Al diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Standar klasifikasi saat ini yang dikenal adalah standar Aluminium Association di Amerika (AA) yang didasarkan standar terdahulu dari Alcoa (Aluminium Company of America).

Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka “S”, sedangkan paduan coran dinyatakan dengan 3 angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan 4 angka sebagai berikut: Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan, yaitu; 1: Aluminium murni. 2: Al-Cu, 3: Al-Mn, 4: Al-Si, 5: Al-Mg, 6: Al-Mg-Si dan 7: Al-Zn. Contoh : paduan Al-Cu, dinyatakan dengan angka 2000 [7].

Hubungan antara standar Alcoa dan AA dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Klasifikasi Paduan Aluminium Tempaan [7]

Standar AA	Standar Alcoa	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utama
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utama
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utama
5050-5086	50S-69S	Mg merupakan unsur paduan utama
6061-6069	50S-69S	Mg ₂ Si merupakan unsur paduan utama
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utama

Jenis-jenis unsur paduan aluminium dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Al-Cu dan Al-Cu-Mg

Paduan ini mengandung 4-5%Cu. Fasa paduan ini memiliki daerah luas untuk pembekuan, penyusutan yang besar, beresiko pada kegetasan panas dan mudah terjadi retakan pada coran. Duralium adalah paduan aluminium yang kuat dan praktis dikenal sebagai paduan 2017, yang komposisi standarnya adalah Al-4%Cu-0,5%Mg-0,5%Mn. Jika Mg ditingkatkan pada paduan maka komposisi standar menjadi Al-4,5%Cu-1,5%Mg-0,5%Mn dinamakan paduan 2024 atau duralium super. Pada paduan yang mengandung Cu memiliki ketahanan korosi yang jelek, maka biasanya diberi lapisan aluminium murni atau paduan aluminium pada bagian permukaannya [7].

2. Paduan Al-Mn

Mn adalah unsur yang memperkuat Al tanpa mengurangi ketahanan korosi, dan digunakan untuk membuat paduan yang tahan korosi. Paduan Al-1,2%Mn dan Al-1,2%Mn-1,0%Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang banyak dipakai untuk paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas [8].

3. Paduan Al-Si

Paduan Al-Si ini sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan bagus sekali, pada ketegasan panas dan sangat baik untuk paduan cor. Sebagai tambahan paduan ini mempunyai ketahanan korosi yang baik dan sangat ringan, koefisien pemuaian yang kecil dan penghantar listrik dan panas yang baik. Karena mempunyai kelebihan yang mencolok ini maka paduan ini sangat banyak dipergunakan [7].

4. Paduan Al-Mg

Paduan ini mempunyai kandungan magnesium sekitar 4% sampai 10% mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik, dapat ditempa, di rol dan di ekstruksi. Karena sangat kuat dan mudah di las maka banyak dipakai sebagai bahan untuk kapal laut, kapal terbang serta peralatan-peralatan kimia [7].

5. Paduan Al-Mg-Si

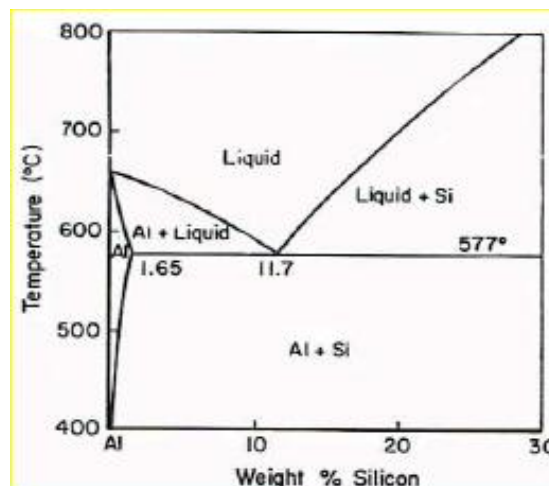
Paduan Al-Mg-Si dapat dikenal sebagai paduan 5053, 6063 dan 6061. Paduan dalam sistim ini, mempunyai kekuatan kurang sebagai sebagai bahan tempaan dibandingkan paduan-paduan yang lain. Tetapi kelebihan dari paduan ini yaitu; sangat liat, sangat mampu dibentuk dengan penempaan pada temperature biasa, mampu bentuk dengan baik melalui ekstrusi dan tahan korosi. Selain itu, dapat pula diperkuat dengan perlakuan panas. Paduan 6063 banyak dipergunakan untuk rangka-rangka konstruksi. Paduan dalam sistim ini mempunyai kekuatan yang baik tanpa mengurangi hantaran listrik, maka digunakan sebagai bahan kabel rumah tangga [7].

6. Paduan Al-Mg-Zn

Alumunium menyebabkan keseimbangan biner semu dengan senyawa antar logam $MgZn_2$ dan kelarutannya menurun apabila temperatur turun. Telah diketahui sejak lama bahwa paduan sistem ini dapat dibuat keras sekali dengan penuaan setelah perlakuan pelarutan. Tetapi sejak lama tidak dipakai sebab mempunyai sifat patah getas oleh retakan korosi tegangan. Paduan yang terdiri dari 5,5% Zn, 2,5-1,5% Mn, 1,5% Cu, 0,3% Cr, 0,2% Mn dan sisanya Al sekarang dinamakan paduan 7075 mempunyai kekuatan tertinggi diantara paduan-paduan lainnya. Penggunaan paduan ini yang paling besar adalah untuk bahan konstruksi untuk pesawat terbang. Disamping itu penggunaannya juga penting untuk bahan konstruksi [7].

2.3 Bahan Paduan Al-Si

Paduan Al-Si merupakan material yang memiliki sifat mampu cor yang baik, dapat diproses dengan permesinan, dan dapat dilas. Paduan Al-Si cocok digunakan pada pengecoran HPDC (*High Pressure Die Casting*). Diagram fasa paduan Al-Si ditunjukkan pada Gambar 2.3 dimana diagram fasa ini digunakan sebagai pedoman umum untuk menganalisa perubahan fasa pada proses pengecoran Al-Si.



Gambar 2.3 Diagram fasa Al-Si [8].

Jenis paduan Al-Si menurut kandungan silicon sesuai diagram fasa Al-Si terdiri dari 3 macam, yaitu:

a. *Hypoeutectic*

Paduan Al-Si disebut *Hypoeutectic* yaitu apabila pada paduan tersebut terdapat kandungan silicon $< 11.7\%$ dimana struktur akhir yang terbentuk pada fasa ini adalah struktur ferrite (alpha) yang kaya akan aluminium dengan struktur eutektik sebagai tambahan.

b. *Eutectic*

Paduan Al-Si disebut *Eutectic* yaitu apabila pada paduan tersebut terdapat kandungan silicon sekitar 11.7% sampai 12.2%. Pada komposisi ini paduan Al-Si dapat membeku secara langsung (dari fasa cair ke fasa padat).

c. *Hypereutectic*

Paduan Al-Si disebut *Hypereutectic* yaitu apabila pada paduan tersebut terdapat kandungan silicon lebih dari 12.2% sehingga kaya akan kandungan silicon dengan

fasa eutektik sebagai fasa tambahan. Dengan adanya struktur Kristal silikon primer pada daerah ini mengakibatkan karakteristik sebagai berikut:

- a. Ketahanan aus paduan meningkat.
- b. Ekspansi termal rendah.
- c. Memiliki ketahanan retak panas yang baik [8].

2.4 Pembuatan Sepatu Rem

2.4.1 Pengecoran Gravitasi

Pengecoran gravitasi adalah pengecoran dimana logam cair yang dituangkan ke dalam saluran cetakan masuk secara gravitasi, sehingga oleh karena tekanan gravitasi cairan logam tersebut mengisi ke seluruh ruang dalam rongga cetakan. Metode pengecoran ini berbeda dengan pengecoran cetak, dimana tidak dipergunakan tekanan kecuali tekanan yang berasal dari tinggi cairan logam dalam cetakan. Sebagai bahan cetakan terutama dipakai baja khusus atau besi cor paduan. Metode ini dapat membuat coran yang mempunyai ketelitian dan kualitas tinggi. Akan tetapi biaya pembuatan cetakan cukup tinggi sehingga apabila umur cetakan itu dibuat panjang, baru produksi ekonomis mungkin dilaksanakan. Sebagai bahan coran umumnya diambil paduan bukan besi yang mempunyai titik cair rendah seperti paduan aluminium, paduan magnesium, atau paduan tembaga, tetapi akhir-akhir ini pengecoran paduan besi yang mempunyai titik cair tinggi telah dilakukan melalui pengembangan bahan cetakan dan teknik-teknik pengecoran. Keuntungan dan kerugian cara pengecoran gravitasi adalah sebagai berikut:

1. Keuntungan-keuntungan

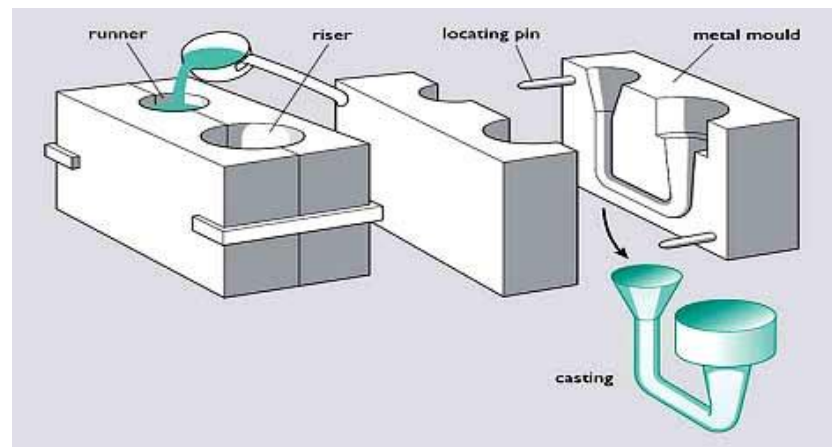
- a. Ketelitian ukuran sangat baik kalau dibandingkan dengan pengecoran pasir sehingga tambahan ukuran untuk penyelesaian dapat dikurangi. Oleh karena itu mungkin membuat coran yang lebih ringan. Selanjutnya permukaan coran sangat halus.
- b. Struktur yang rapat dapat dihasilkan dengan cara ini, oleh karena itu sifat-sifat mekanik dan sifat tahan tekanan sangat baik bila dibandingkan dengan coran yang dibuat pada cetakan pasir.
- c. Mekanisasi dari proses adalah mudah dan produktivitas tinggi apabila

dibandingkan dengan cetakan pasir. Cara ini sangat cocok untuk masa produksi.

d. Luas lantai untuk pengecoran sedikit dan suasana kerja baik.

2. Kerugian-kerugian

- a. Cara ini tidak sesuai untuk jumlah produksi yang kecil disebabkan tingginya biaya cetakan logam.
- b. Sukar untuk membuat coran yang berbentuk rumit.
- c. Pembetulan cetakan logam sukar dan mahal, oleh karena itu perubahan rencana pengecoran adalah sukar. Rencana pengecoran harus cukup dipelajari sebelum pembuatan cetakan logam.
- d. Dalam banyak hal, coran besi memerlukan pelunakan. Coran paduan tembaga terbatas pada jenis bahannya dan umumnya mempunyai berat yang terbatas.



Gambar 2.4 Metode pengecoran gravitasi [9].

Dalam cara pengecoran di atas, logam yang dituangkan didinginkan secara cepat oleh cetakan logam. Oleh karena itu beberapa persoalan teknik timbul yaitu bagaimana mengatur proses pembekuan. Dapat dikatakan bahwa coran yang mempunyai kualitas dan ketelitian tinggi bisa dibuat dengan jalan pengaturan komponen dan temperature logam cair, bahan, ketebalan dinding, bahan pelapis dan temperature dari cetakan. Selain dari itu, dapat ditentukan siklus operasi dengan efisiensi hasil yang tinggi. Berbagai macam sifat dari cetakan logam diperlukan yaitu ketahanan aus yang baik, mampu mesin yang baik, pemuaian termis rendah, ketahanan leleh pada temperature tinggi dan sebagainya. Perlu juga memberikan bahan pelapis permukaan pada cetakan

agar memudahkan proses pembebasan cetakan dan mengurangi keausan cetakan serta menurunkan kecepatan pendinginan logam cair sehingga terhindar dari cacat-cacat. Bahan yang dipergunakan untuk cetakan ini adalah besi cor yang mempunyai kualitas baik yang mengandung fosfor dan sedikit belerang. Kalau cetakan ini dikerjakan setelah diadakan pelunakan yaitu untuk menghilangkan tegangan, maka diperoleh cetakan logam yang mempunyai ketelitian tinggi. Umur cetakan umumnya beberapa puluh ribu kali pengisian kalau dipakai untuk membuat coran dari besi cor.

Bahan anorganik yang bersifat tahan api, seperti tanah lempung atau grafit dipergunakan untuk melapisi permukaan cetakan, tetapi kalau dipakai untuk paduan yang mempunyai titik cair tinggi seperti besi cor, maka lapisan permukaan dan lapisan penyelesaian yang melindungi cetakan logam dan yang berfungsi memudahkan pembukaan haruslah dibuat secara hati-hati sekali.

Paduan aluminium yang mempunyai titik cair rendah adalah bahan coran yang paling banyak dipakai untuk membuat coran seperti torak, sudu-sudu, rumah-rumah mesin, dan sebagainya.

Banyak paduan tembaga yang mudah retak dan mempunyai kecairan yang jelek. Diantaranya kuningan Muntz dan brons aluminium paling banyak dipakai untuk pengecoran dalam cetakan logam.

Bagi besi cor, transformasi strukturnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan pendinginan yang tinggi, sehingga komponen-komponennya sangat berbeda dibanding dengan yang dihasilkan oleh pengecoran dalam cetakan pasir. Pertimbangan baik yang berdasarkan percobaan perlu diberikan dalam pengaturan temperature pemanasan dan temperature penuangan atau temperature pemanasan mula dari cetakan logam [10].

2.4.2 Pengecoran Cetak Tekan (*Die Casting*)

Die casting adalah salah satu metode pengecoran dengan menggunakan cetakan logam, dan metode ini adalah cara tercepat untuk memproduksi benda *casting* dengan akurasi yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan pengecoran dengan cetakan pasir.

Berdasarkan pada bagaimana logam cair diinjeksikan/ditekan ke dalam cetakan, *die casting* dibedakan atas:

1. *Hot Chamber Process*

Logam dicairkan dalam suatu wadah (*chamber*) yang tergabung dalam mesin *die casting*, sebuah piston digunakan untuk menekan logam cair ke dalam cetakan dengan tekanan yang tinggi, 7-35 MPa. Tekanan yang diberikan pada logam cair sampai dengan logam cair membeku di dalam cetakan. Proses ini umumnya digunakan untuk paduan logam dengan titik lebur rendah seperti: seng, timah, dan timbal.

2. *Cold Chamber Process*

Logam dicairkan di luar mesin *die casting* dan dituang ke dalam wadah (*chamber*) yang tidak dipanaskan, digunakan sebuah piston untuk mengalirkan logam cair ke dalam cetakan dengan tekanan yang lebih tinggi antara 14-140 MPa. Umumnya digunakan untuk paduan logam dengan titik lebur tinggi seperti: aluminium, magnesium dan tembaga [10].

2.4.3 *High Pressure Die Casting(HPDC)*

Pengecoran logam dengan metode *High Pressure Die Casting (HPDC)* adalah metode pengecoran dengan cara menginjeksikan cairan logam kedalam rongga cetakan dengan kecepatan dan tekanan tertentu menggunakan mesin *HPDC*. Cetakan yang digunakan berbahan dasar baja karbon [11].

High Pressure Die Casting (HPDC) merupakan salah satu jenis dari pengecoran dengan tekanan dimana logam cair dibekukan pada tekanan yang tinggi diantara cetakan (*dies*) dan piston hidrolik pada ruang tertutup. Proses pengecoran ini pada dasarnya mengkombinasikan antara proses pengecoran dan proses penempaan (akibat adanya tekanan).

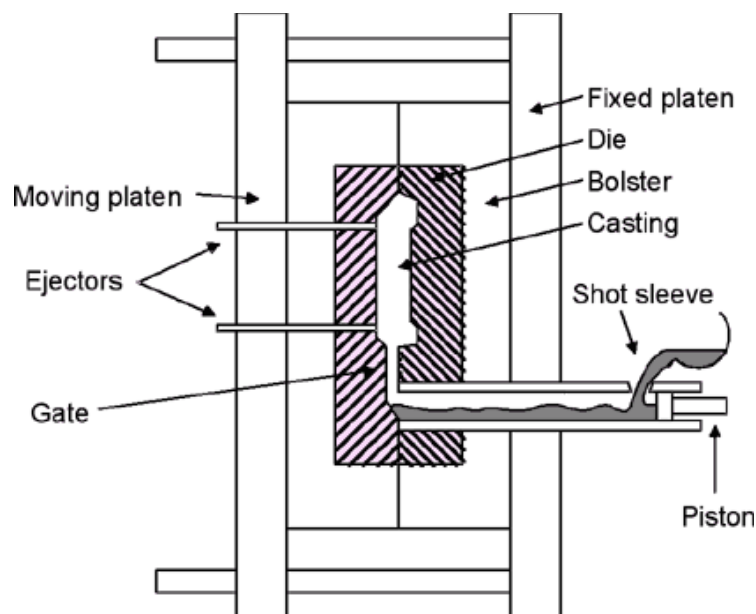
Parameter utama proses pengecoran dengan tekanan adalah :

- a. temperatur ruang
- b. temperatur cetakan
- c. tekanan
- d. komposisi logam cairan
- e. volume logam cairan [11].

Pengaruh dari masing-masing parameter tersebut akan mempengaruhi terhadap

sifat fisik dan mekanik benda yang dicor seperti ukuran butir, porositas, kekerasan, kekuatan tarik, dan adanya segregasi.

Pada proses HPDC, logam cair diinjeksikan dengan tekanan tinggi hingga masuk ke dalam cetakan. Tampilan skematis pengecoran HPDC dapat dilihat pada Gambar 2.5. Tekanan yang digunakan biasanya diatas 7 Mpa, dimana peralatannya terdiri dari dua plat vertikal yang terletak saling berhadapan. Dua plat tersebut adalah *fix* plat dan *moveable* plat sehingga cetakan bisa dibuka dan ditutup untuk melepaskan benda hasil coran setelah proses.



Gambar 2.5 Tampilan skematis pengecoran HPDC [12].

Setelah cetakan dilapisi dengan cairan pelapis untuk menghindari menempelnya produk pada cetakan (*collodial graphite*), kemudian cetakan dirapatkan dan logam cair dituangkan kedalam *chamber*, kemudian didorong masuk ke dalam *cavity die* menggunakan *plunger* yang digerakkan oleh silinder hidrolik. Setelah logam membeku, cetakan dibuka dan selanjutnya produk dikeluarkan dari cetakan menggunakan *pin ejectors* [13].

Proses pengecoran HPDC mempunyai keunggulan bila dibandingkan dengan metode pengecoran yang lain. Keunggulan tersebut antara lain :

- a. prosesnya yang tidak rumit
- b. efisien dalam penggunaan bahan baku

- c. dapat menghasilkan produk dengan ketelitian dimensi yang tinggi
- d. memiliki potensi yang tinggi untuk digunakan pada dunia industri dengan produksi yang tinggi.

Sedangkan kekurangannya yaitu :

- a. biaya investasi yang cukup tinggi karena pada pengecoran ini dibutuhkan cetakan logam yang kuat, mesin penekan hidrolik dengan kapasitas yang tinggi, dan mekanisme pengisian dan penekanan yang serempak
- b. pada proses pengecoran ini juga sulit untuk menghasilkan produk yang bentuknya relatif kompleks
- c. Umur cetakan juga akan berkurang seiring dengan frekuensi penggunaan.

Pemberian tekanan pada logam cair menyebabkan terjadinya perpindahan panas yang cepat, sehingga akan menghasilkan produk dengan ukuran butir yang halus dan porositas dapat diminimalisir. Struktur mikro produk hasil pengecoran HPDC lebih padat dan homogen apabila dibandingkan dengan pengecoran dengan proses lain [8].

2.4.4 *Stir Casting*

Stir casting merupakan proses pengecoran dengan cara menambahkan suatu logam (biasanya aluminium) dengan sebuah komposit, dengan cara melebur logam tersebut kemudian logam yang sudah mencair tersebut diaduk-aduk secara terus-menerus. Setelah itu komposit yang berupa serbuk dicampurkan sedikit demi sedikit kedalam logam yang sudah mencair.

Dalam proses penambahan partikel ini selama pengadukan berlangsung, terdapat beberapa kerugian yaitu: material yang diaduk tersebut akan terjadi penggumpalan-penggumpalan pada bagian-bagian tertentu yang disebabkan oleh partikel tersebut, hal ini akan menyebabkan meningkatnya kekentalan pada logam cair paduan tersebut. Penambahan partikel melalui bagian atas tersebut akan menyebabkan ikut masuknya udara bebas yang berupa kantong-kantong udara diantara partikel tersebut.

Beberapa keuntungan *stir casting* antara lain:

- a. Dapat memperoleh suatu material tertentu yang sulit dan tidak didapatkan dengan proses lain (memadukan suatu logam dengan suatu material komposit).
- b. Proses *stir casting* lebih ekonomis karena material komposit tambahannya biasanya

merupakan material sisa-sisa dari suatu produksi yang pada umumnya sudah tidak digunakan lagi.

- c. Dengan adanya proses pengadukan dalam stir casting, maka hasil produk cor akan menjadi lebih baik. Karena memungkinkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam logam cair selama proses penuangan untuk naik ke permukaan logam cair sehingga cacat akibat terjebaknya udara dalam produk cor dapat berkurang [10].

2.5 Sifat dan Karakteristik Magnesium

Magnesium adalah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Mg dan nomor atom 12 serta berat atom 24,31. Magnesium adalah elemen terbanyak kedelapan yang membentuk 2% berat kulit bumi, serta merupakan unsur terlarut ketiga terbanyak pada air laut. Logam alkali tanah ini terutama digunakan sebagai zat campuran (*alloy*) untuk membuat campuran aluminium-magnesium yang sering disebut "magnalium" atau "magnelium" [14].

Unsur magnesium ditemukan pada tahun 1808 di Inggris oleh Sir Humphrey Davey, pertama kali diproduksi oleh Deville dan Caron di Perancis pada tahun 1863. Magnesium tidak muncul tersendiri, tapi selalu ditemukan dalam jumlah deposit yang banyak dalam bentuk *magnesite*, *dolomite* dan mineral-mineral lainnya. Logam ini sekarang dihasilkan di AS dengan mengelektrolisis magnesium klorida yang terfusi dari air asin, sumur, dan air laut [15].

Magnesium adalah logam yang kuat, putih keperakan, ringan (satu pertiga lebih ringan daripada aluminium) dan akan menjadi kusam jika dibiarkan pada udara. Dalam bentuk serbuk, logam ini sangat reaktif dan bisa terbakar dengan nyala putih apabila udaranya lembab. Apabila pita logam magnesium dibakar lalu direndam dalam air, maka akan tetap terbakar hingga pita magnesiumnya habis. Magnesium, ketika dibakar dalam udara, menghasilkan cahaya putih yang terang.

Magnesium diproduksi dengan dua metode, proses reduksi elektrolisis (*magnetherm*) dan proses reduksi termis (*pidgeon process*) dengan bahan utama yang berasal dari dolomite. Keduanya menggunakan proses kimia, proses reduksi *thermis* menggunakan sumber panas eksternal sedangkan proses reduksi elektrolisis energi

panas berasal dari larutan kimia. *Dolomite* dan *ferrosilicon* dalam proses reduksi *thermis* dibentuk menjadi briket dan dipanaskan dalam keadaan vakum. Magnesium oksida dalam *dolomite* bereaksi dengan *ferrosilicon* yang akan memproduksi uap magnesium, lalu uap tersebut didinginkan yang menghasilkan magnesium padat. Dolomite kalsinasi, ferrosilicon dan alumina dalam proses reduksi elektrolisis dipanaskan dalam kondisi vakum, dalam proses ini magnesium klorida berasal dari air laut. Uap magnesium yang dihasilkan lalu didinginkan dan dikondensasi [15].

Magnesium mempunyai kelebihan dan kelemahan. Paduan magnesium mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- a. Massa jenis yang rendah jika dibandingkan dengan material struktur yang lain.
- b. Mampu cor yang baik, cocok untuk pengecoran bertekanan tinggi
- c. Proses pemesinan dapat dilakukan pada kecepatan tinggi
- d. Jika dibandingkan dengan material polimer, magnesium memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi, tahan terhadap penuaan, sifat konduktor listrik dan panas yang lebih baik serta dapat didaur ulang.

Sedangkan kelemahan magnesium antara lain:

- a. Modulus elastisitas yang rendah
- b. Terbatasnya ketahanan mulur dan kekuatan pada temperatur tinggi
- c. Penyusutan yang cukup besar pada saat pembekuan [7].

2.5.1 Aplikasi Magnesium Pada Komponen Kendaraan

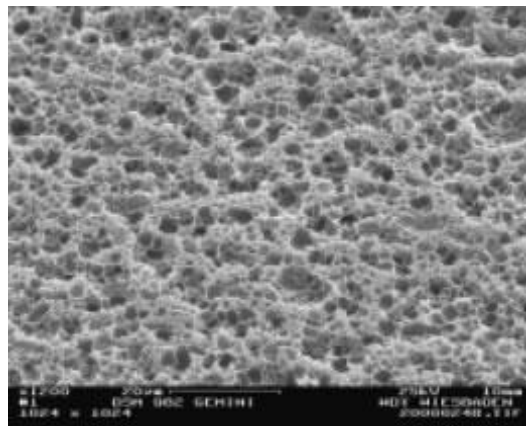
Rasio massa jenis yang rendah dengan kekuatan yang ada pada paduan magnesium, merupakan sebuah keuntungan yang mendasari penggunaan paduan magnesium pada industri transportasi, dimana penurunan berat akan menurunkan konsumsi bahan bakar dan mengurangi emisi. Dalam industri otomotif wilayah penggunaan magnesium biasanya berada dibagian depan dimana posisi mesin berada. Pengurangan berat di wilayah ini membantu meningkatkan performa dan keseimbangan berat. Komponen lain yang berpotensi digantikan oleh paduan magnesium antara lain panel-panel instrumen, aplikasi *power train*. Selain itu komponen yang paling potensial mengurangi berat kendaraan adalah pada *chassis* [10].

2.6 Struktur Mikro

2.6.1 Struktur Mikro Aluminium

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik. Dengan penambahan unsur Mg, Cu, Si, Mn, Zn dan Ni secara satu persatu atau bersamaan akan meningkatkan sifat mekanik, ketahanan korosi, ketahanan aus dan koefisien pemuaian rendah.

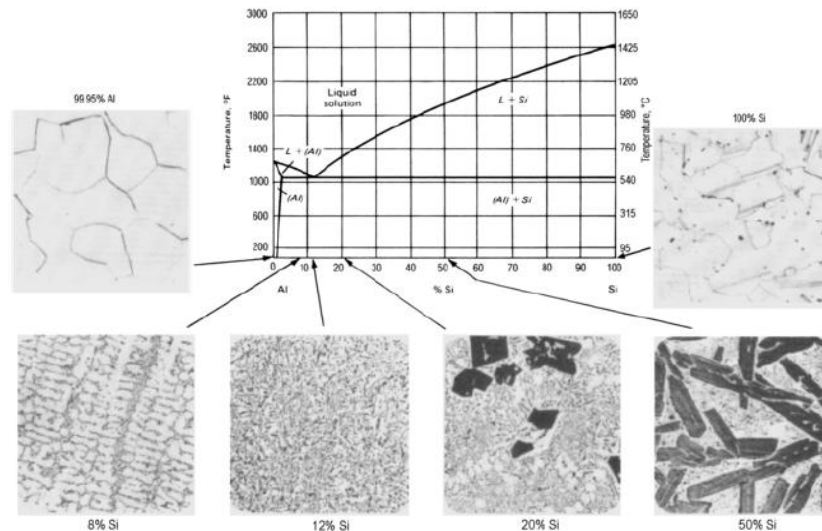
Kandungan aluminium yang terdapat di alam berupa senyawa bauksit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan kaolin ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Biji aluminium tersebut masih mengandung pengotor SiO_2 (bersifat asam), FeO_2 (basa), CaCO_3 dan TiO_2 sehingga harus dimurnikan dengan zat kimia asam atau basa untuk mendapatkan aluminium murni.



Gambar 2.6 Struktur mikro aluminium [16].

2.6.2 Struktur Mikro Paduan Al-Si

Al-Si merupakan jenis dari paduan aluminium, Aluminium-Silicon mempunyai sifat mudah dituang/dicor dan tahan terhadap korosi. Penguatan Al-Si dilakukan dengan cara menambah sejumlah kecil unsur lain, seperti Cu, Mg, atau Fe. Semakin tinggi kandungan besi maka Al-Si akan semakin getas. Bentuk struktur mikro Al-Si ditunjukkan pada Gambar 2.7.

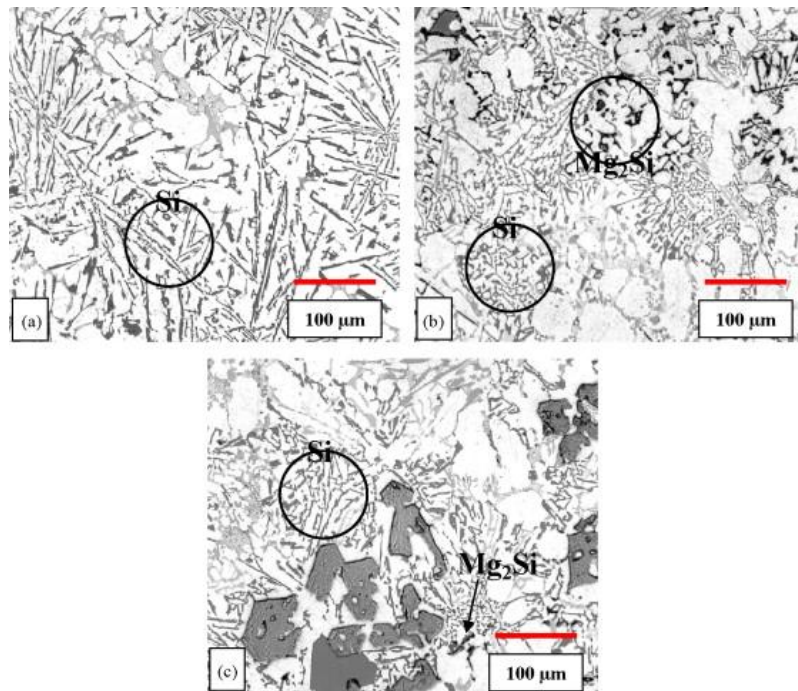


Gambar 2.7 Struktur mikro Al-Si [17].

Al-Si mempunyai karakteristik ringan, *specific-strength* yang baik, konduktivitas termal yang baik, *machineability* yang baik dan tahan terhadap korosi. Paduan Al-Si kompleks biasa digunakan untuk pengecoran part komersial serta digunakan dalam industri otomotif, *aerospace*, transportasi dan pertahanan. *Hypereutectic* Al-Si biasa digunakan untuk membuat piston mesin 2 tak dengan ukuran kecil. *Hypereutectic* adalah daerah atau zona diatas temperature *eutectic* atau titik cair besi, sedangkan *hypoeutectic* adalah daerah di bawah temperatur *eutectic* [8].

2.6.3 Struktur Mikro Paduan Al-Si-Mg

Paduan Al-Mg-Si mempunyai kekuatan yang kurang baik sebagai bahan tempaan dibandingkan paduan-paduan yang lain. Tetapi kelebihan dari paduan ini yaitu; sangat liat, mampu dibentuk dengan penempaan pada temperatur biasa, mempunyai kemampuan bentuk yang lebih baik melalui ekstrusi dan tahan korosi [18]. Bentuk struktur mikro Al-Si-Mg ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Struktur mikro Al-Si-Mg [19].

Paduan Aluminium-Magnesium-Silikon termasuk dalam jenis yang dapat diperlakukan dan mempunyai sifat mampu potong, mampu las dan tahan korosi yang cukup baik. Jika Magnesium dan Silikon dipadukan bersama Aluminium, maka akan terbentuk Magnesium Silikat (Mg_2Si). Kebanyakan paduan Aluminium mengandung Si, sehingga penambahan Magnesium diperlukan untuk memperoleh efek penguatan dari Mg_2Si [20].

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Gergaji Mesin

Gergaji mesin digunakan untuk memotong ADC 12 batangan menjadi bentuk yang lebih kecil sehingga ADC 12 dapat dimasukkan ke dalam kowi. Bentuk gergaji mesin dapat dilihat pada Gambar 3.1.

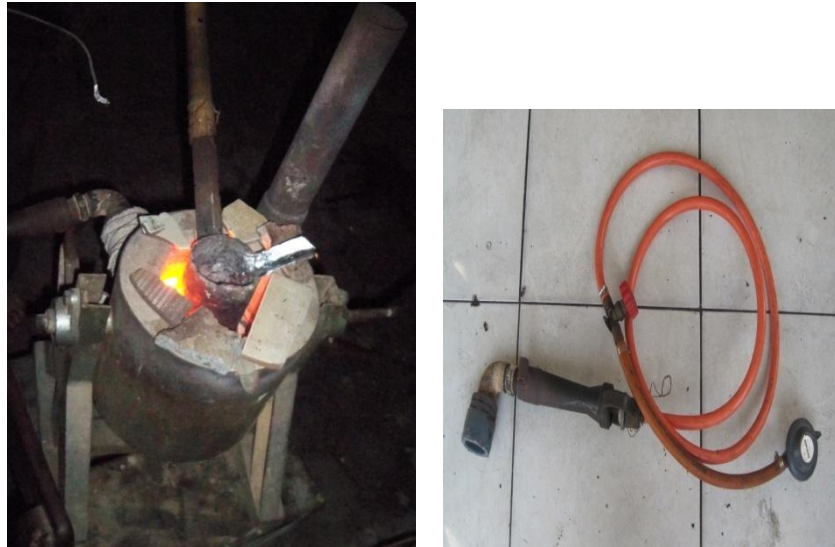


Gambar 3.1 Gergaji mesin.

Gergaji mesin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.

b. Tungku krusibel dan burner

Tungku yang digunakan untuk melebur aluminium serbuk besi adalah dapur krusibel dengan tipe dapur tetap dengan skala laboratorium dengan menggunakan bahan bakar LPG. Kontruksi dapur pada dasarnya terdiri atas krusibel sebagai tempat peleburan logam yang terletak di tengah-tengah dapur, sedangkan untuk dapur terbuat dari bahan tahan api yang sekaligus sebagai penyekat panas (isolator panas). Tungku ini mempunyai kapasitas maksimal 2 kg dan burner dipasang pada tungku sebagai penghubung tungku ke tabung gas. Bentuk tungku krusibel dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a) sedangkan bentuk *burner* dapat dilihat pada Gambar 3.2 (b).



(a)

(b)

Gambar 3.2 (a) Tungku krusibel dan (b) *Burner*.

Tungku krusibel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 (a) dan *burner* pada Gambar 3.2 (b) adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.

c. Blower

Blower digunakan untuk menyuplai udara masuk ke dalam *burner* sehingga nyala api dari LPG menjadi lebih panas. *Blower* ini dihubungkan dengan batang besi berlubang untuk menyalurkan udara ke dalam saluran yang selanjutnya akan bercampur dengan gas dari LPG hingga akhirnya terbakar di dalam *burner*. *Blower* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.

Gambar 3.3 *Blower*.

d. Kowi

Kowi digunakan sebagai tempat untuk melebur, mencampur, dan menuang coran. Kowi terbuat dari baja dan diberi tangkai untuk memudahkan proses penuangan ke dalam cetakan. Kowi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.4 Kowi.

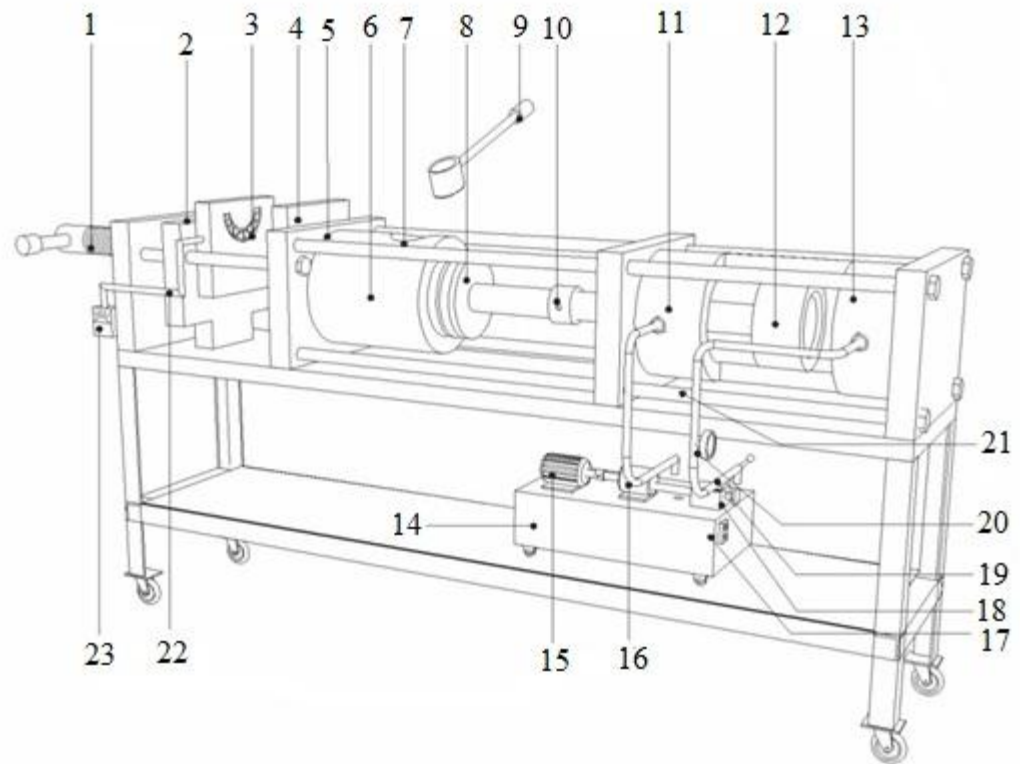
e. Mesin HPDC (*High Pressure Die Casting*)

Digunakan untuk mengepres ADC 12 masuk ke dalam cetakan. Alat pres ini menggunakan sistem dongkrak hidrolis dengan kemampuan penekanan hingga 9 MPa. Mesin HPDC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.5 Mesin HPDC.

Bagian-bagian mesin HPDC ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Bagian-bagian mesin HPDC.

Keterangan Gambar 3.6:

1. Ulir penjepit cetakan
2. Cetakan bergerak
3. Rongga cetak
4. Cetakan tetap
5. Dudukan silinder pengecoran
6. Silinder pengecoran
7. Lubang pengecoran
8. Piston penekan
9. Ladel/ kowi
10. Penghubung poros
11. Silinder hidrolik
12. Piston hidrolik
13. Poros pengikat dudukan
14. Bak Oli
15. Motor
16. Pompa Oli

- 17. Tombol On/OFF
- 18. Pengatur tekanan
- 19. Tuas Penggerak Piston hidrolik
- 20. Pengukur Tekanan
- 21. Selang saluran oli
- 22. Thermokopel
- 23. Digital Temperatur

f. *Alat Stir Casting*

Alat ini digunakan untuk mencampur serbuk magnesium ke dalam ADC12 yang telah melebur. Proses *stirring* dilakukan selama 1 menit dengan kecepatan 65 rpm.

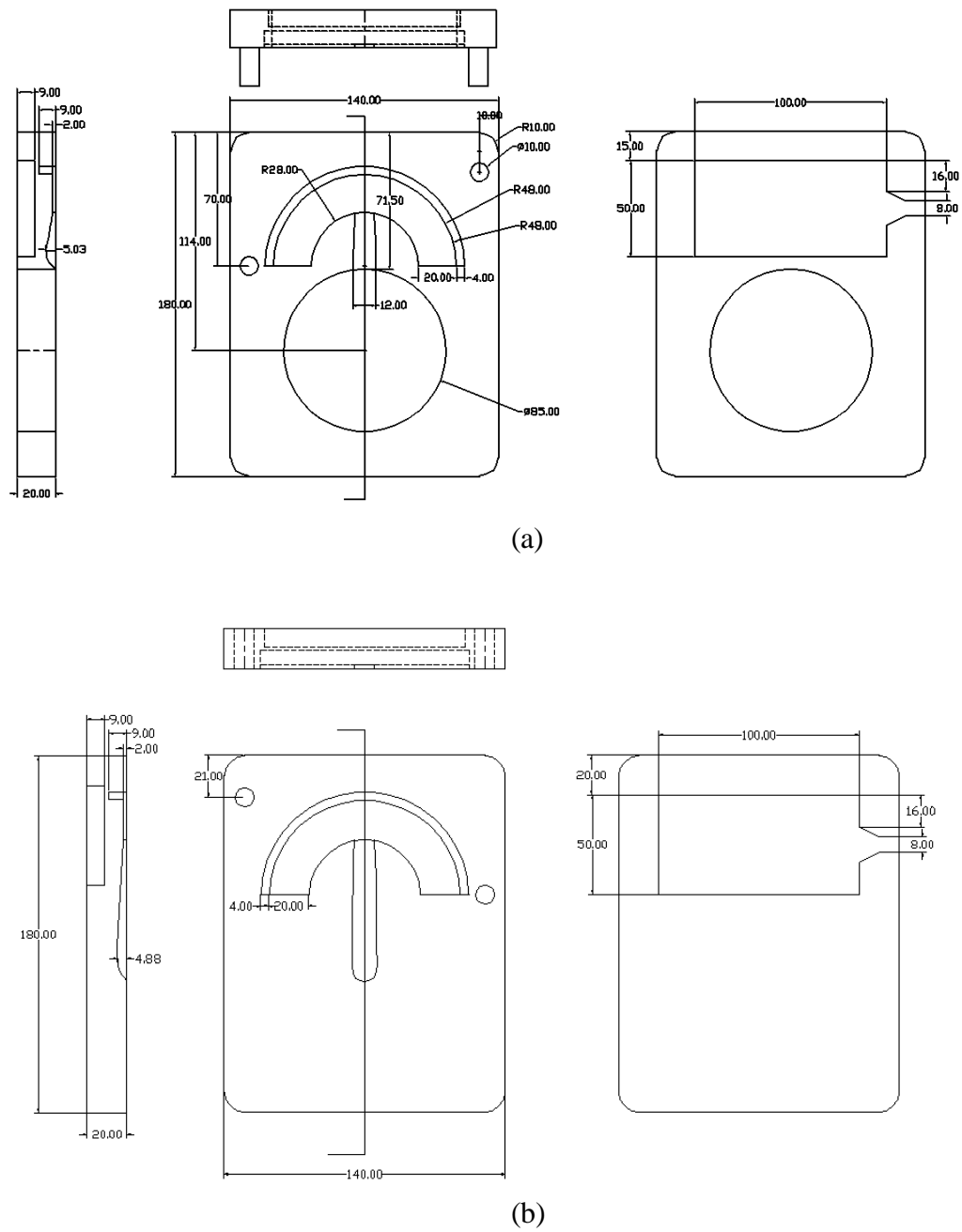


Gambar 3.7 Proses *stirring*.

Pada Gambar 3.7 terlihat alat stir casting yang sedang beroperasi untuk mencampur serbuk magnesium ke dalam ADC 12 yang telah melebur di dalam kowi.

g. *Permanent mold* / cetakan coran

Cetakan coran yang digunakan adalah jenis *permanent mold* yang terbuat dari baja ST 37 yang merupakan salah satu jenis baja karbon tinggi. Permanent mold dibuat berdasarkan jenis pola cetakan logam yaitu bentuk sepatu rem.



Gambar 3.8 Cetakan sepatu rem (a) *Fix dies* d (b) *Moveable dies*.

Pada gambar 3.8 terlihat bentuk cetakan sepatu rem yang akan digunakan dalam proses pengecoran HPDC. Cetakan tersebut terbuat dari baja ST 37.

Permanent mold di buat melalui proses CNC di Laboraturum Proses Produksi Politeknik Negeri Semarang seperti terlihat pada Gambar 3.9. Cetakan ini terdiri dari dua buah plat baja ST 37 yang kemudian akan disatukan untuk setiap jenis pola cetakan logamnya.



Gambar 3.9 Proses CNC pembuatan cetakan coran.

h. Timbangan Digital

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital. Timbangan ini digunakan untuk mengukur massa dari ADC 12 dan massa Magnesium (Mg) sebelum digunakan dalam proses pengecoran serta digunakan juga untuk menentukan berat basah dan berat kering dari benda pada saat uji densitas. Timbangan digital seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.10 Timbangan digital.

i. Gergaji tangan

Digunakan untuk memotong specimen hasil pengecoran HPDC menjadi beberapa bagian sesuai dengan yang dibutuhkan. Sehingga mudah untuk dilakukan pengujian.

Gergaji tangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.11 Gergaji tangan.

j. *Thermocouple* dan *display*

Thermocouple digunakan untuk mengukur suhu lebur dan suhu tuang dari ADC 12. *Thermocouple* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12 (a) adalah tipe K dengan temperatur pengukuran maksimal 1200°C . *Display* digunakan untuk menampilkan nilai pengukuran temperatur. *Thermocouple* pada Gambar 3.12 (a) dan *display* pada Gambar 3.12 (b) adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



(a)



(b)

Gambar 3.12 (a) *Thermocouple* dan (b) *Display*.

k. Mesin amplas dan poles

Mesin amplas dan poles digunakan untuk proses pembuatan specimen untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro. Proses pengamplasan menggunakan kertas amplas dengan kekasaran 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, dan 2000 . Specimen yang telah rata di kedua permukaannya kemudian di polis menggunakan kain beludru agar pada proses etsa permukaan spesimen sudah rata dan mengkilap. Mesin amplas dan

poles pada Gambar 3.13 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.13 Mesin Amplas Dan Poles.

1. *Rockwell Hardness Tester*

Rockwell Hardness Tester digunakan untuk melakukan uji kekerasan pada specimen uji yang sebelumnya telah dilakukan pengamplasan. Sehingga spesimen yang akan diuji kekerasannya memiliki permukaan yang rata. *Rockwell Hardness Tester* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.14 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.14 *Rockwell hardness tester*.

m. Mikroskop optik dan kamera

Digunakan untuk mengamati struktur mikro dari specimen dan kemudian mengambil foto setelah mendapatkan gambar yang diinginkan menggunakan kamera. Mikroskop set yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.15 dengan merek Olympus BX41M adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



(a)



(b)

Gambar 3.15 (a) Mikroskop optik dan (b) Kamera.

n. Vernier caliper

Digunakan sebagai alat bantu untuk mengetahui kerataan specimen uji kekerasan dan mikrofografi. *Vernier caliper* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.16 yaitu merek Mitutoyo dengan ketelitian 0,05 mm. *Vernier caliper* pada Gambar 3.16 adalah milik Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP.



Gambar 3.16 *Vernier caliper*.

3.2 Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang dipakai adalah:

1. ADC 12 batangan

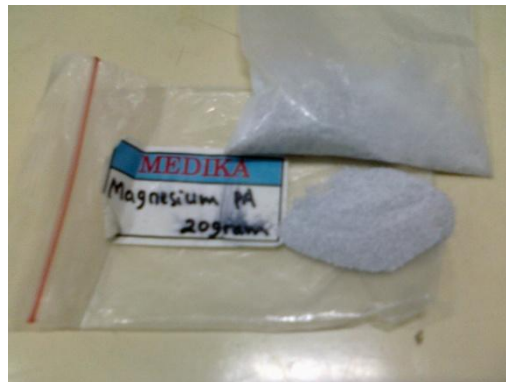
Pada gambar 3.18 terlihat bahwa ADC 12 batangan telah dipotong agar mempercepat proses peleburan dan mempermudah untuk menimbang sesuai dengan masa yang diinginkan. ADC12 batangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.17 dibeli dari PT. Pinjaya Logam, Mojokerto, Jawa Timur.



Gambar 3.17 ADC 12 batangan.

2. Serbuk Magnesium (Mg)

Serbuk magnesium digunakan untuk ditambahkan pada saat proses peleburan ADC 12 berlangsung yang selanjutnya akan dilakukan proses *stirring* terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.



Gambar 3.18 Serbuk magnesium.

Pada gambar 3.18 terlihat bentuk serbuk magnesium yang digunakan untuk proses pencampuran ke dalam ADC 12 yang telah melebur. Banyaknya serbuk magnesium yang ditambahkan ke dalam leburan tergantung dari massa ADC 12 yang digunakan. Penambahan serbuk magnesium ini dilakukan dengan tiga variasi yaitu 0,3 wt%, 0,4 wt%, dan 0,5 wt%.

3.3 Proses Pembuatan Spesimen Sepatu Rem

Langkah – langkah yang dilakukan selama proses pengecoran yaitu:

1. Proses pemotongan

Tahap awal yaitu melakukan pemotongan ADC 12 batangan menggunakan gergaji mesin hingga menghasilkan beberapa potongan ADC12 batangan dengan lebar kurang lebih 5 cm. Proses pemotongan ADC12 batangan ditunjukkan pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Proses pemotongan ADC 12 batangan.

2. Proses Penimbangan

Setelah dipotong, ADC 12 kemudian ditimbang sesuai kebutuhan pengecoran yaitu kurang lebih 250 gram. Penimbangan dilakukan sebanyak 3 kali dengan 3 batang ADC 12 yang berbeda. Proses penimbangan ADC12 yang telah dipotong ditunjukkan pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Penimbangan potongan ADC 12.

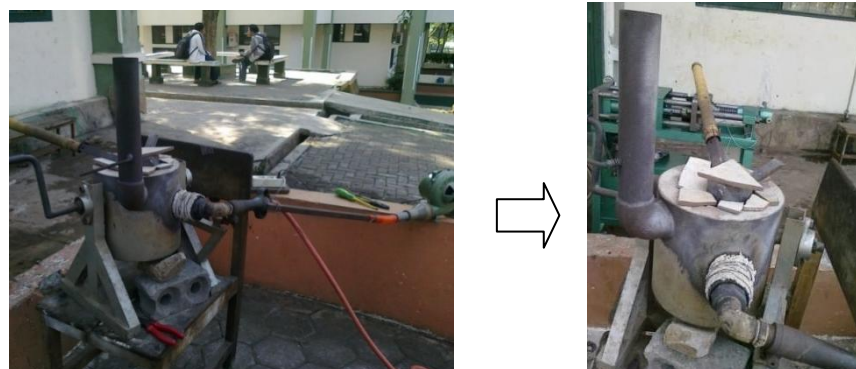
Setelah itu serbuk magnesium juga ditimbang sesuai dengan variasi yang telah ditentukan, yaitu 0,3 wt%, 0,4 wt%, dan 0,5 wt% masing-masing dari massa 3 buah ADC 12 batangan yang telah ditimbang sebelumnya. Proses penimbangan serbuk magnesium ditunjukkan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Penimbangan serbuk magnesium.

3. Proses Peleburan

Setelah dilakukan penimbangan, Aluminium tersebut dimasukkan ke dalam kowi. *Burner* pada tungku dinyalakan dengan cara membuka selang *burner* yang sudah terhubung dengan tabung gas LPG kemudian dengan menggunakan korek api, *burner* tersebut dinyalakan. Setelah itu *blower* dinyalakan dan menyesuaikan posisi selang *blower* agar hebusan udara yang keluar dari *blower* tepat masuk ke dalam *burner*. Setelah api pada *burner* menyala dengan baik kowi diletakkan ke dalam tungku krusibel. Kemudian kowi ditutup dengan batu atau potongan keramik agar meminimalisir kalor yang keluar dari kowi sehingga aluminium dapat melebur dengan waktu yang lebih singkat. Proses peleburan ADC12 ditunjukkan pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Proses peleburan menggunakan tungku krusibel.

4. Proses *Stirring*

Pada saat proses peleburan berlangsung, dilakukan pengecekan temperatur aluminium dalam kowi dengan menggunakan *Thermocouple* yang dicelupkan ke dalam kowi. Proses pengukuran temperatur aluminium cair di dalam kowi ditunjukkan pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Pengukuran temperatur aluminium.

Pada saat temperatur mencapai 700°C , Serbuk magnesium yang telah disiapkan dimasukkan ke dalam kowi sehingga bercampur dengan aluminium yang telah melebur. Penambahan serbuk magnesium tersebut dilakukan dengan 3 variasi yaitu 0,3 wt%, 0,4 wt% dan 0,5 wt% dari massa aluminium yang telah ditimbang sebelum dilakukan peleburan. Setelah itu dilakukan proses stirring menggunakan mesin stir casting dengan kecepatan 65 rpm selama 1 menit. Proses *stirring* yang bertujuan untuk mencampur serbuk magnesium ke dalam leburan aluminium ditunjukkan pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24 Proses *stirring*.

5. Penuangan ke cetakan

Setelah melakukan proses stirring, tahap selanjutnya adalah penuangan bahan coran ke dalam cetakan. Proses penuangan dilakukan dengan cepat dan berhati-hati untuk menghindari terjadi pembekuan setelah kowi diangkat dari tungku. Setelah bahan coran masuk ke dalam lubang pengecoran mesin HPDC kemudian tuas mesin HPDC didorong ke depan untuk memberikan penekanan pada bahan coran sehingga bahan coran masuk

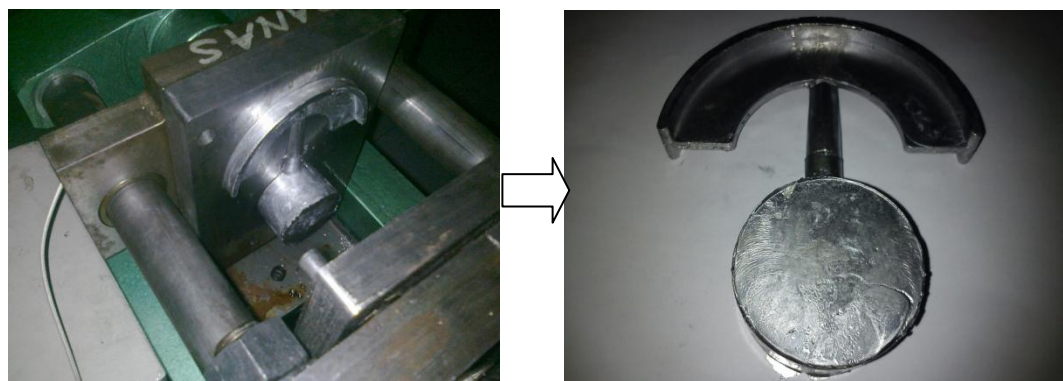
ke seluruh bagian cetakan. Kendala pada saat proses penuangan yaitu bahan coran cepat sekali membeku. Proses penuangan aluminium cair ke dalam mesin HPDC ditunjukkan pada Gambar 3.25.



Gambar 3.25 Proses penuangan ke cetakan mesin HPDC.

6. Pendinginan

Setelah bahan coran dituang di dalam cetakan tunggu sampai 5 menit, kemudian cetakan di buka, biarkan hasil coran dingin dengan sendirinya. Setelah itu hasil pengecoran dikeluarkan dari cetakan. Hasil pengecoran ADC12 berbentuk sepatu rem ditunjukkan pada gambar 3.26.



Gambar 3.26 Spesimen hasil pengecoran.

7. Proses Pemotongan Spesimen

Setelah hasil pengecoran jadi, selanjutnya dilakukan pemotongan menggunakan gergaji tangan sehingga dihasilkan beberapa bagian spesimen yang lebih kecil agar

mudah untuk dilakukan pengujian. Proses pemotongan spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.27.



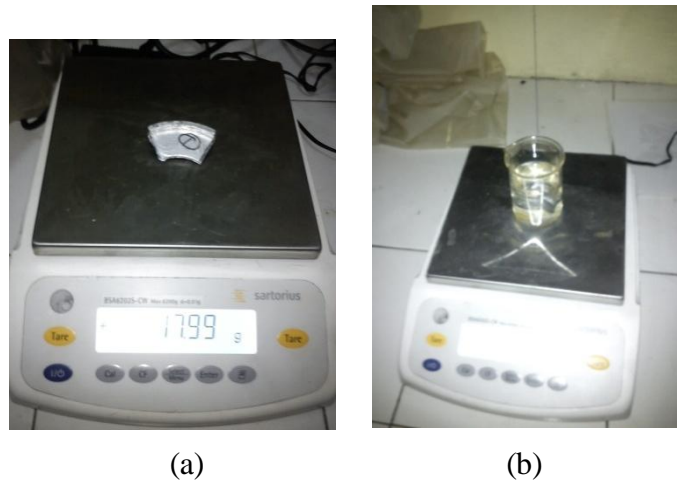
Gambar 3.27 Pemotongan spesimen hasil pengecoran.

3.4 Pengujian Spesimen

3.4.1 Pengujian Porositas

Untuk mengetahui nilai porositas, maka pertama kali dilakukan pengujian densitas. Pengujian densitas menggunakan neraca digital merk sarforious. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian densitas adalah sebagai berikut:

1. Memotong specimen sepatu rem hasil pengecoran pada sisi bagian kanan, tengah, dan kiri.
2. Mengkalibrasi/mentarra neraca digital supaya tepat dititik nol.
3. Memasukkan spesimen kering meliputi bagian kanan, tengah, dan kiri.
4. Mengulangi penimbangan sampai tiga kali pada setiap bagian untuk memperoleh massa rata-rata.
5. Mencatat angka yang ditunjukkan neraca digital.
6. Memasukkan spesimen kering kedalam air meliputi bagian kanan, tengah, kiri.
7. Mengulangi penimbangan di dalam air sampai tiga kali pada setiap bagian untuk memperoleh massa rata-rata.
8. Mencatat angka yang ditunjukkan neraca digital.
9. Proses penimbangan massa kering dan massa basah ditunjukkan pada Gambar 3.28.



Gambar 3.28 Penimbangan (a) Massa kering dan (b) Massa basah spesimen uji.

Setelah memperoleh massa spesimen kering dan massa spesimen basah dari benda uji, maka besarnya densitas dari specimen uji dapat diketahui melalui perhitungan. Perhitungan tersebut bertujuan untuk dapat mengetahui densitas dari benda uji yang selanjutnya data tersebut akan digunakan sebagai perbandingan dengan densitas teoritis untuk mengetahui besar porositas yang terjadi.

3.4.1.1 Perhitungan Densitas

Densitas merupakan besaran fisis yaitu perbandingan massa (m) dengan volume benda (V). Pengukuran densitas yang materialnya berbentuk padatan atau *bulk* digunakan metode Archimedes (ASTM C373). Untuk menghitung nilai densitas aktual dan teoritis digunakan persamaan [21]:

1. Densitas aktual:

$$\rho_m = \frac{m_s}{(m_s - m_g)} \times \rho_{H_2O} \dots \dots \dots (3.1)$$

2. Densitas teoritis:

$$\rho_{th} = \rho_{Al} \cdot V_{Al} + \rho_{Si} \cdot V_{Si} + \rho_{Mg} \cdot V_{Mg} + \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana:

- ρ_m : densitas aktual (gram/cm³)
 m_s : massa sampel kering (gram)

m_g	: massa sampel yang digantung di dalam air (gram)
ρ_{H_2O}	: massa jenis air = 1 gram/cm ³
ρ_{th}	: densitas teoritis (gram/cm ³)
ρ_{Al}	: densitas Al (gram/cm ³)
ρ_{Si}	: densitas Si (gram/cm ³)
ρ_{Mg}	: densitas Mg (gram/cm ³)
V_{Al}	: fraksi volume Al
V_{Si}	: fraksi volume Si
V_{Mg}	: fraksi volume Mg

Setelah densitas dari spesimen uji diketahui, maka porositas dari specimen uji dapat dihitung.

3.4.1.2 Perhitungan porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume ruang kosong (rongga pori) yang dimiliki oleh zat padat terhadap jumlah dari volume zat padat itu sendiri. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka atau *apparent porosity*, dan dapat dinyatakan dengan persamaan (ASTM C373) [21]:

$$Porosity = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_{th}} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

ρ_m	: densitas aktual (gram/cm ³)
ρ_{th}	: <i>densitas</i> teoritis (gram/cm ³)

Dengan diketahuinya densitas aktual dan densitas teoritis menggunakan rumus (3.2), maka porositas material dapat ditentukan dengan persamaan (3.3).

3.4.2 Pengujian Kekerasan

Metode pengujian kekerasan yang digunakan adalah metode *Rockwell*. Metode *Rockwell* termasuk salah satu metode pengukuran kekerasan berdasarkan lekukan. Dalam metode ini *penetrator* ditekan dalam benda uji. Harga kekerasan didapat dari perbedaan kedalaman dari beban mayor dan minor. Jadi nilai kekerasan didasarkan pada kedalaman bekas penekanan. Metode ini sangat cepat dan cocok untuk pengujian massal. Karena hasilnya dapat secara langsung dibaca pada jarum penunjuk, maka metode ini sangat efektif untuk pengetesan massal.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

1. Memotong sepatu rem pada sisi bagian kanan, tengah, dan kiri.
2. Melakukan Proses Pengamplasan menggunakan amplas dengan kekasaran 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500. Pengamplasan dilakukan hingga permukaan benda uji rata dan sejajar antara permukaan atas dan bawahnya.
3. Setelah permukaan benda uji rata pada kedua sisinya, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dengan alat *Rockwell Hardness Tester* dengan skala HRB.
4. Benda uji diletakkan di *anvil*.
5. *Setting* Pembebanan mayor di posisi 100KgF.
6. *Penetrator* yang digunakan adalah *stell ball*.
7. Putar *Handwheel* hingga penetrator menekan ke benda uji , hingga jarum kecil penunjuk beban mayor mencapai titik yang berwarna merah untuk mendapatkan pembebanan sebesar 10 KgF.
8. Setelah itu *setting* nol *Dial Indicator* di posisinya.
9. Tekan *handle* pelepas beban mayor , tunggu hingga 30 detik agar beban mayor tersalurkan penuh.
10. Nilai kekerasan langsung dapat di baca di *Dial Indicator* pada jarum yang berwarna merah.
11. Pengujian dilakukan 6x pada masing-masing benda uji.

Tahapan proses pengujian kekerasan ditunjukkan pada Gambar 3.29.



Gambar 3.29 Tahapan pengujian kekerasan.

3.4.3 Pengujian Mikrografi

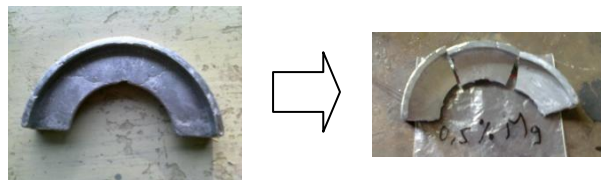
Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Universitas Diponegoro Semarang dengan menggunakan alat Mikroskop OLYMPUS BX41M.

Pengujian struktur mikro dilakukan setelah spesimen uji mengalami proses *polishing* dan *etching*, hingga spesimen uji tampak mengkilap serta tidak ada goresan pada permukaan spesimen uji.

Sebelum melakukan pengamatan struktur mikro, material uji (sepatu rem ADC12) harus melalui beberapa proses persiapan yang harus dilakukan yakni:

1. Pemotongan (*Sectioning*)

Sepatu rem di potong menjadi tiga bagian berbeda yaitu bagian kanan, tengah, dan kiri. Hasil pemotongan sepatu rem menjadi 3 bagian ditunjukkan pada Gambar 3.30.



Gambar 3.30 *Sectioning* sepatu rem menjadi 3 bagian.

2. Pengamplasan (*Grinding*)

Pengamplasan bertujuan untuk meratakan permukaan material uji setelah proses pemotongan material uji. Proses pengamplasan dibedakan atas pengamplasan kasar dan pengamplasan sedang. Pengamplasan kasar dilakukan sampai permukaan material uji benar-benar rata, sedangkan pengamplasan sedang dilakukan untuk mendapatkan permukaan material uji yang lebih halus. Pada saat melakukan proses pengamplasan material uji harus diberi cairan pendingin guna menghindari terjadinya *overheating* akibat panas yang ditimbulkan pada saat proses pengamplasan. Amplas yang digunakan adalah amplas 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000. Proses pengamplasan spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.31.



Gambar 3.31 Pengamplasan spesimen uji.

3. Pemolesan (*Polishing*)

Proses pemolesan bertujuan untuk menghasilkan permukaan material uji yang benar-benar rata dan sangat halus permukaannya hingga tampak mengkilap tanpa ada goresan sedikitpun pada material uji. Pemolesan dilakukan dengan menggunakan serat kain yang diolesi pasta *autosol metal polish*. Proses pemolesan spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.32.



Gambar 3.32 Pemolesan spesimen uji.

4. Pengetsaan (*Etching*)

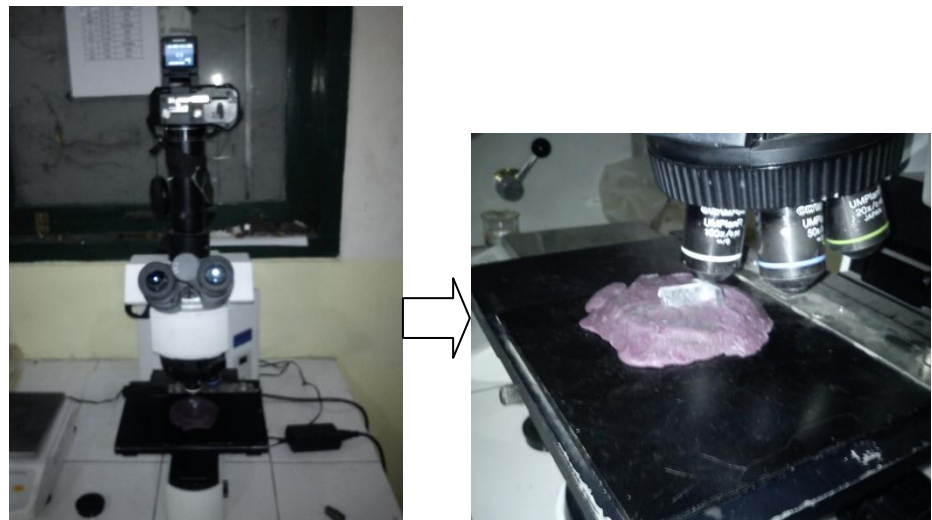
Pengetsaan bertujuan untuk memperlihatkan struktur mikro dari material uji dengan menggunakan mikroskop. Material uji yang akan di etsa harus bebas dari perubahan struktur akibat deformasi serta dipoles secara teliti dan merata pada seluruh permukaan material uji yang akan diuji struktur mikronya . Larutan etsa untuk ADC12 yang

digunakan adalah campuran dari larutan 2,5 ml HNO₃, 1 ml HF, 1,5ml HCL, dan 95 ml Aquades yang dilarutkan dalam gelas ukur.

Setelah larutan etsa disiapkan , langkah selanjutnya adalah :

- a. spesimen dicelupkan kedalam larutan \pm 30 detik
- b. kemudian dibilas dengan air hangat
- c. dikeringkan dengan tissu
- d. dan didiamkan selama 1 hari terlebih dahulu sebelum dilakukan pengamatan dengan mikroskop optik.

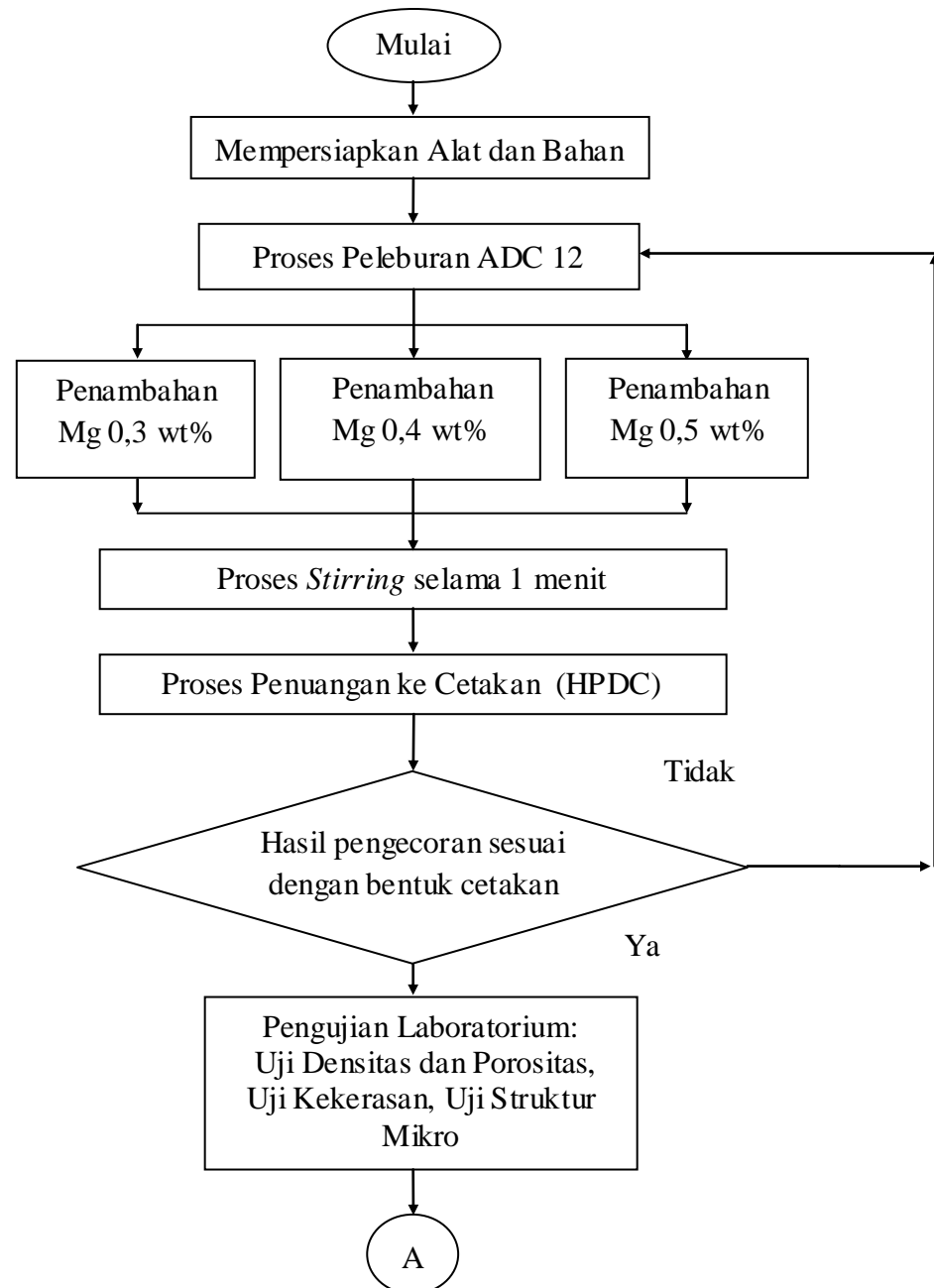
Setelah semua proses persiapan dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 1000x. Dari hasil pengamatan mikroskopis akan diperoleh informasi dan analisa data tentang struktur mikro yang terbentuk. Proses pengujian mikrografi ditunjukkan pada Gambar 3.33.

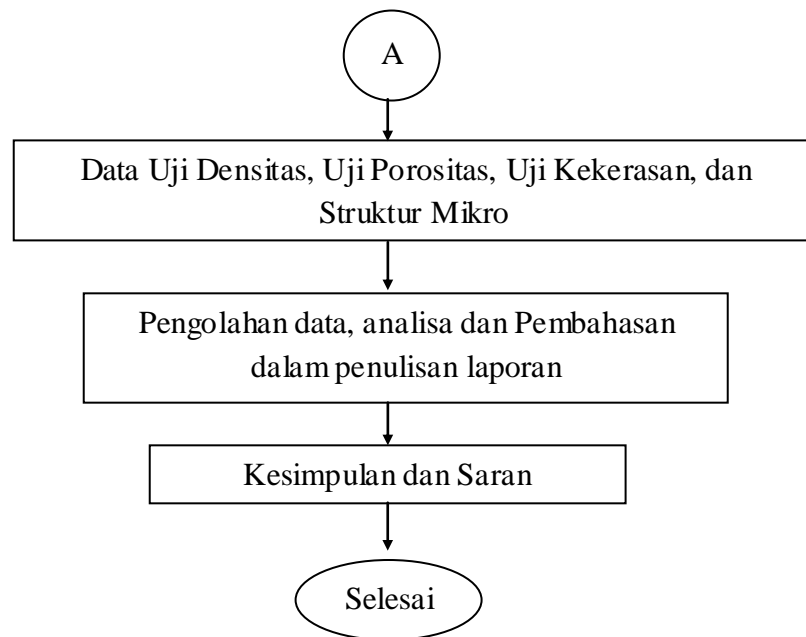


Gambar 3.33 Pengujian mikrografi.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah pengujian mengacu pada diagram alir berikut





Gambar 3.34 Diagram Alir Penelitian.

Keterangan diagram alir pada Gambar 3.34:

1. Mempersiapkan Alat Dan Bahan

Persiapan yang diperlukan antara lain, menimbang ADC 12 dan Magnesium (Mg) sesuai dengan masa yang dibutuhkan, menyambung tungku, tabung gas LPG dan selang krusibel, menyiapkan alat HPDC, kowi, pengaduk, *Thermocouple* dan *display*.

2. Proses Pengecoran

Proses pengecoran dilakukan di kampus Teknik Mesin UNDIP menggunakan tungku krusibel dengan berbahan bakar LPG.

3. Proses Peleburan ADC 12

Proses peleburan dilakukan hingga batangan ADC 12 mencair dan mencapai suhu 700°C .

4. Proses Pencampuran Magnesium

Proses pencampuran Magnesium dilakukan pada saat temperatur cairan ADC 12 mencapai suhu 700°C . Proses pencampuran Magnesium dilakukan pada 3 variasi yang berbeda yaitu 0,3 wt%, 0,4 wt%, dan 0,5 wt%.

5. Proses *Strirring*

Setelah Magnesium dimasukan ke dalam cairan ADC 12 bersuhu 700°C , kemudian dilakukan proses *stirring* menggunakan alat *stir casting* dengan kecepatan 65 rpm selama 1 menit.

6. Proses Penuangan ke cetakan (HPDC)

Proses Penuangan dilakukan ke dalam mesin HPDC dengan tekanan 7 Mpa untuk membuat sepatu rem.

7. Pemeriksaan Hasil Coran

Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari bentuk dan kesempurnaan dimensi hasil coran.

8. Pengujian Laboraturium

Pengujian laboraturium dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari spesimen uji. Pengujian laboraturium ini meliputi:

- a. Uji densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan neraca digital merk sarforious. Hal ini bertujuan untuk mengetahui massa spesimen uji pada keadaan kering dan keadaan basah di dalam air sehingga besarnya porositas dan massa jenis dari specimen uji dapat diketahui setelah melalui proses perhitungan.
- b. Uji kekerasan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing spesimen uji dengan menggunakan Rockwell Hardness Tester (Skala HRB).
- c. Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Hal ini bertujuan untuk melihat struktur mikro pada spesimen uji.

9. Pengolahan Data, Analisa dan Pembahasan

Mengolah data-data yang sudah didapatkan dengan mengacu pada materi yang terdapat pada referensi, dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik, dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.

10. Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisa dan memberi saran untuk lanjutan dari penelitian ini.

